

# Concreción de un modelo prospectivo en la estimación de precios vinculantes

Uribe Bravo, Jesús Alexis

2019

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/4524>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto  
Presidencial del 3 de abril de 1981



CONCRECIÓN DE UN MODELO PROSPECTIVO EN LA  
ESTIMACIÓN DE PRECIOS VINCULANTES

ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE CASO  
que para obtener el Grado de  
MAESTRÍA EN INGENIERIA FINANCIERA

presenta  
JESUS ALEXIS URIBE BRAVO

## ÍNDICE

Resumen (Abstract) .....	3
Objetivos e Hipótesis.....	4
1.0 La Energía.....	5
2.0 Combustibles.....	8
3.0 Energía Eléctrica.....	9
4.0 Compra/Venta de Energía Eléctrica.....	10
5.0 Base del Modelo (Metodología SPAN).....	12
6.0 Aplicación del Nuevo Modelo para el Cálculo de Precios.....	13
6.1 Procedimiento del Stream Learning.....	14
7.0 Aplicación del Método para el Cálculo de Precios.....	16
7.1 Métrica de Rendimiento .....	17
8.0 Estimación del precio .....	18
8.1 Análisis Fundamental .....	18
8.2 Análisis Técnico.....	18
9.0 Resultados .....	18
10.0 Conclusiones .....	23
11.0 Bibliografía .....	26

## **Resumen**

En este trabajo se analizará en un primer plano, el rol de la energía como motor para realizar cualquier actividad o proceso en diversos ámbitos, ya sea humano, químico, social, económico, entre otros y su importante relevancia en el desarrollo humano, económico y social.

Después de definir el rol y la importancia de la energía en el desarrollo de una sociedad, y los tipos de combustibles que existen, el trabajo se enfocará en un segundo plano en un modelo para la estimación de un índice de referencia internacional del combustóleo, “USGC HSFO”, el cual puede servir para diversos fines como la compra/venta y especulación del combustible o instrumentos anexados a éste como contratos sobre futuros, opciones, swaps entre otros.

El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo que sirva como soporte técnico para obtener un precio/índice vinculante, que influirá en el precio de venta o compra final del combustible. Se busca que este precio se ajuste con un retraso mínimo a las condiciones de oferta y demanda del mercado. Este análisis cubrirá el fundamento técnico en la determinación del precio vinculante del combustible, el cual se ajustará de acuerdo con el análisis fundamental del mercado energético para la conformación de un precio vinculante final.

### **Palabras Clave:**

Energía, combustibles, combustóleo, modelo, estimación, comercialización, índice, precio

## **Objetivos**

El objetivo general es desarrollar un método con bases fundamentales y técnicas basadas en un modelo de estimación que permita la obtención de un índice prospectivo, que sirva para la estimación de precios vinculantes.

Como objetivos particulares se encuentran la creación de un modelo que incorpore un análisis cualitativo y cuantitativo que permita la estimación de índices o precios.

Generar un precio prospectivo que cuente con el menor retraso posible de acuerdo con las condiciones de mercado para la comercialización de combustibles.

Crear un modelo iterativo que permita su actualización en poco tiempo.

## **Hipótesis**

¿Es factible generar un método de estimación de precios basado en un modelo cuantitativo, iterativo y de aprendizaje automático, que permita la ponderación de elementos cualitativos y genere un precio prospectivo?

El último precio de cierre de mercado del commodity, ¿es el mejor indicador como punto de partida para generar el precio prospectivo?

## 1.0 La Energía

Empecemos por definir a la energía como la capacidad inherente que tiene la materia para producir un trabajo, o cambio físico en forma de movimiento, luz o calor, de ella dependen todas las actividades no solo de los seres vivos, sino de todo el universo, desde la iluminación de una lámpara o habitación, el transporte, la alimentación, hasta el movimiento de los astros y la composición de estos. Dentro de las propiedades que tiene la energía se encuentra la capacidad de transformarse (principio de conservación de la energía, ésta no se crea ni se destruye solo se transforma), capacidad de transportación y almacenamiento, se puede manifestar de diferentes maneras y se disipa.

Existen diversos tipos de energía, tal como lo define (Tejeda, 2014) podemos clasificarla en 23 tipos principales, a continuación, se describirán brevemente.

**Energía eléctrica:** causada por el movimiento de las cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) en el interior de materiales conductores.

**Energía lumínica:** es la fracción que se percibe de la energía que transporta la luz y que se puede manifestar sobre la materia de diferentes maneras.

**Energía mecánica:** se debe a la posición y movimiento de un cuerpo y es la suma de la energía potencial, cinética y elástica de un cuerpo en movimiento. Refleja la capacidad que tienen los cuerpos con masa para realizar un trabajo.

**Energía térmica:** fuerza que se libera en forma de calor.

**Energía eólica:** se obtiene a través del viento, gracias a la energía cinética generada por el efecto de corrientes de aire.

**Energía solar:** el espectro electromagnético de la luz solar en la superficie terrestre está ocupado principalmente por luz visible y rangos de infrarrojos con una pequeña parte de radiación ultravioleta.

**Energía nuclear:** resultado de una reacción nuclear, se puede obtener mediante dos tipos de procesos, el primero es por fusión nuclear (unión de núcleos atómicos muy livianos) y el segundo es por fisión nuclear (división de núcleos atómicos pesados).

**Energía cinética:** energía que posee un objeto debido a su movimiento, esta energía depende de la velocidad y masa del objeto según la ecuación  $E = mv^2$ .

**Energía potencial:** energía que mide la capacidad que tiene dicho sistema para realizar un trabajo en función exclusivamente de su posición o configuración.

**Energía química:** Se produce debido a la transformación de sustancias químicas que contienen los alimentos o elementos.

**Energía hidráulica:** aquella que se extrae del aprovechamiento de las energías (cinética y potencial) de la corriente de los ríos, saltos de agua y mareas.

**Energía sonora:** se produce debido a la vibración o movimiento de un objeto que hace vibrar también el aire que lo rodea, esas vibraciones se transforman en impulsos eléctricos.

**Energía radiante:** es la que tienen las ondas electromagnéticas, se propaga en el vacío sin necesidad de ningún soporte material, se transmite por unidades llamadas fotones.

**Energía fotovoltaica:** posibilitan la transformación de luz solar en energía eléctrica, en pocas palabras es la conversión de una partícula luminosa con energía (fotón) en una energía electromotriz (voltaica).

**Energía de reacción:** energía debido a la reacción química del contenido energético de los productos.

**Energía iónica:** cantidad de energía que se necesita para separar el electrón menos fuertemente unido de un átomo neutro gaseoso en su estado fundamental.

**Energía geotérmica:** puede ser obtenida en base al aprovechamiento del calor interior de la tierra.

**Energía mareomotriz:** resultante del aprovechamiento de las mareas, se debe a la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la Tierra y la Luna mediante la atracción gravitatoria.

**Energía electromagnética:** energía almacenada en una parte del espacio a la que podemos otorgar la presencia de un campo electromagnético y que se expresa según la fuerza del campo eléctrico y magnético del mismo.

**Energía metabólica:** conjunto de reacciones y procesos fisicoquímicos que ocurren en una célula.

**Energía hidroeléctrica:** se obtiene mediante la caída de agua desde una determinada altura a un nivel inferior provocando así el movimiento de mecanismos.

**Energía magnética:** se desarrolla en nuestro planeta o en los imanes naturales. es la consecuencia de las corrientes eléctricas telúricas.

**Energía calorífica:** manifestación de la energía en forma de calor.

En este trabajo el análisis se enfocará en la energía eléctrica, su aplicación y alcances, debido a que es el principal insumo como medio de producción y generación de capital en cualquier economía.



## 2.0 Combustibles

El insumo necesario para la generación de energía son los combustibles, estos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, los más utilizados en la generación de energía eléctrica son los combustibles fósiles, donde el valor de estos depende de la proporción de carbono e hidrógeno que contengan en su composición química. La importancia de un combustible radica en su capacidad para liberar calor durante la combustión, esta capacidad determina la calidad de la electricidad generada, la cual tendrá efectos directos sobre la productividad del trabajo y capital, en la cantidad de energía requerida para producir una unidad del Producto Interno Bruto. (Cleveland & Robert, 2000)

De acuerdo con (Weggener, 2011), la clasificación de éstos respecto a su estado natural es la siguiente:

**Combustibles sólidos:** Al transformarse mediante un proceso de combustión genera cenizas, la combustión puede ser con llama a incandescente, su combustibilidad depende del contenido húmedo del sólido, su conductibilidad calorífica, aptitud y temperatura de ignición, grado de combustión, velocidad de propagación y carga térmica. En esta clasificación se encuentran las materias celulósicas, plásticos, metales y polvos.

**Combustibles líquidos:** Dependen de su punto de inflamación que es la temperatura mínima bajo la cual un líquido en equilibrio con su vapor pone la cantidad suficiente de éste para que se encienda al entrar en contacto con una fuente de ignición. Este tipo de combustibles tiene características más diversas a los sólidos, debido a que el material que arde no es el líquido sino sus vapores, por lo que la velocidad de combustión y propagación están en función de: la presión del vapor, punto de inflamación y ebullición,

evaporación, calor de combustión y vaporización, densidad, viscosidad, límites de inflamabilidad, energía necesaria de ignición, capacidad de acumular cargas eléctricas y producir explosiones, volatilidad, entre otros. En esta clasificación se encuentran el petróleo, gasolina, diésel, combustóleo, tolueno, alcohol etílico, acetona, benceno, keroseno, gasóleo, etc.

**Combustibles gaseosos:** Son los más utilizados debido a su alta eficiencia en cuanto a costo, transporte, almacenamiento, generación de energía, luminosidad, poder calorífico y contaminación producida. En este tipo de combustibles se encuentran el gas natural, gas natural licuado, gas licuado de petróleo, acetileno, amoníaco, etileno, hidrogeno, entre otros.

### **3.0 Energía Eléctrica**

Como se menciona en este trabajo el análisis estará enfocado

Este tipo de energía genera una fuerza llamada voltaje, su unidad de medida son los watts, la energía que produce es generada a través de una fuente electromotriz, la cual mantiene una relación directamente proporcional entre el voltaje y la potencia, es decir a mayor voltaje mayor cantidad de electrones y por ende mayor potencia.

Por ejemplo, los depósitos de petróleo y carbón pueden identificarse como fuentes de alta calidad porque proporcionan un excedente de energía muy alto en relación con la cantidad de energía requerida para extraer el combustible. Por otro lado, algunas formas de electricidad solar pueden caracterizarse como fuentes de baja calidad, porque tienen un menor retorno de energía sobre su inversión. Sin embargo, estas últimas pueden tener una mayor “calidad” de energía porque pueden usarse para generar mayor trabajo económico que una unidad de calor de petróleo o carbón. (Rosenberg, 1998).

#### **4.0 Compra/Venta de Energía Eléctrica**

La creación y aplicación del modelo de estimación de precios vinculantes para combustibles, repercute directamente en las utilidades de la empresa, o individuo que se dedique a comercializar o especular con combustibles en el mercado, ya que se realiza una estimación prospectiva para determinar el precio que se emite en el mercado en día de adelanto (MDA), el cual determinará una parte del precio de venta final. Entre la emisión de ese precio en MDA y el precio spot al cierre del día, existe un desfase de 2 días por lo que esta estimación tendrá un comportamiento paralelo con el del índice con un ligero retraso. Mediante la utilización de este modelo se obtiene una estimación cercana al precio spot observado, que al mantener un balance positivo (semanal o mensual) generará mayores utilidades. En el presente documento se busca demostrar los aspectos centrales que componen este modelo de estimación de precios, y la injerencia de éste al momento de calcular un índice que servirá para determinar la demanda prospectiva de los combustibles.

De acuerdo con la normatividad del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y las disposiciones de la ley de la industria eléctrica, las operaciones para la compra/venta de combustibles se dividen en cinco áreas:

- Mercado de corto plazo: se divide en energía y servicios conexos, el segmento de energía cuenta con tres modalidades día de adelanto, tiempo real y hora en adelanto.
- Mercado para el balance de potencia: se realiza de forma anual para el año inmediato anterior.
- Mercado de certificados de energías limpias: se realiza al menos una vez al año
- Subastas de derechos financieros de transmisión: anual, tres años (2° etapa), mensual (2° etapa).
- Subastas de mediano y largo plazo: energía y potencia a mediano y largo plazo, CEL únicamente a largo plazo.

El análisis está enfocado en el mercado de corto plazo donde se realiza la compra/venta de combustibles fósiles, en este mercado el MEM ha establecido para promover la competencia en términos de equidad e igualdad de condiciones para los participantes del mercado, que este intercambio se dé bajo la regla de comparar las ofertas de generación con las de compra (oferta y demanda), incluyendo las importaciones y exportaciones, así como los servicios conexos, de manera que así los precios de la energía estén fundamentados en criterios de eficiencia económica y certidumbre de abastecimiento. Este modelo inicio operaciones en México entre enero y marzo de 2016, para los sistemas eléctricos interconectados en México.

Este proceso inicia cuando los participantes presentan las ofertas de compra y venta ante el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), entidad designada de la supervisión, optimización y establecimiento de las medidas de operación del mercado (precios marginales, congestión y pérdidas, instrucciones de arranque, reservas mínimas, etc.) Para coadyuvar a la formación de un mercado en condiciones homogéneas, conformado por mediciones horarias que permiten relacionar directamente los costos con la demanda y la ubicación geográfica de la misma. Estos parámetros permiten el comercio de energía en tres formatos:

- Mercado de día en adelanto (MDA): se rige en 24 precios presentados equivalentes a las 24 horas del día.
- Mercado de Tiempo Real (MTR): ofrece energía para su compra inmediata, atendiendo en tiempo real las diferencias del programa del MDA, sin embargo, su acceso es más costoso debido a la disponibilidad y tiempo.
- Mercado de Hora en Adelanto (MHA): la oferta y la demanda se actualizan con tan sólo una hora de anticipación, pero que aún no está en operación por corresponder a la segunda etapa de operación del MEM.

Bajo este esquema se realizan diariamente liquidaciones de energía que consisten en que los representantes de los usuarios calificados y de servicio básico realicen una estimación de la cantidad de energía que consumirán sus centros y se les asigna ese monto con el precio del MDA; sin embargo, no los pagan sino hasta 10 días después, una vez que se compara lo asignado en el MDA con lo realmente consumido y, en caso de existir un déficit en la cantidad de energía consumida hay una devolución. En contrario, cuando existe un excedente en el consumo de energía, éste debe adquirirse

adicionalmente. Tanto la devolución como la adquisición adicional se realizan en el MTR, al precio spot en el momento de la transacción y en el nodo correspondiente. (Carrasco, Miguel )

## **5.0 Base del Modelo (Metodología SPAN)**

Desarrollada en 1988 por el Chicago Mercantile Exchange para evaluar eficazmente el riesgo en un portafolio determinado. Es una simulación de mercado basado en un sistema VAR (Value At Risk), el cuál es una generalización a sistemas de ecuaciones del análisis univariante con series de tiempo, es decir es un modelo de ecuaciones simultáneas formado por un sistema de ecuaciones de forma reducida sin restringir. (Que sean ecuaciones de forma reducida quiere decir que los valores contemporáneos de las variables del modelo no aparecen como variables explicativas en ninguna de las ecuaciones). Por el contrario, el conjunto de variables explicativas de cada ecuación está constituido por un bloque de retardos de cada una de las variables del modelo y pueden incluirse también como variables explicativas algunas variables de naturaleza determinista, como una posible tendencia temporal, variables ficticias estacionales, o una variable ficticia de tipo impulso o escalón, que sirve para llevar a cabo un análisis de intervención en el sistema.

SPAN es un sistema de valor en riesgo que ha sido revisado y aprobado por reguladores y participantes en todo el mundo, es el mecanismo oficial de "Performance Bond" de 54 bolsas de intercambio y organizaciones en todo el mundo, lo que lo convierte en el estándar global para "márgenes" de portafolio. Este modelo evalúa el riesgo de una

cartera calculando la pérdida máxima probable que ésta pudiera sufrir en función de los parámetros establecidos por la autoridad reguladora.

Los intercambios pueden determinar cualquier cantidad de escenarios de mercado que se incluirán en el análisis, no obstante, la mayoría de los intercambios SPAN y las organizaciones de compensación utilizan 16 escenarios, los cuales representan la ganancia o pérdida hipotética de un contrato bajo un determinado conjunto de condiciones de mercado desde un punto establecido en el tiempo hasta un momento específico. El objetivo del análisis de riesgos es simular posibles movimientos del mercado, y calcular la ganancia o pérdida en contratos individuales dados los movimientos. (Novales, 2017)

## 6.0 Aplicación del Nuevo Modelo para el Cálculo de Precios

La base de este método está fundamentada en los *machine learning framework*<sup>1</sup>, donde generalmente se dividen los datos etiquetados en dos conjuntos uno de entrenamiento y uno de prueba, el conjunto de prueba se usa para probar el rendimiento del modelo. Para que este enfoque sea útil, existe el supuesto donde los ejemplos de datos en el conjunto de entrenamiento y en el conjunto de prueba son homogéneos, para que el *machine learning model* pueda capturar el patrón de datos en el conjunto de prueba y produzca predicciones más precisas. Sin embargo, el precio de los combustibles no es estacionario, por lo que en años recientes se han desarrollado nuevos métodos como el *stream learning* donde hay un flujo continuo de datos en lugar de una muestra fija de ejemplos independientes

1 Interfaz o herramienta que permite crear modelos de aprendizaje automático

e idénticamente distribuidos, además, los datos son generados por un proceso no estacionario en lugar de un proceso estacionario. (Gao & Yalin, 2017).

Supongamos que comenzamos con un conjunto de datos de entrenamiento que incluyen una secuencia de precios históricos del petróleo y los vectores de datos de entrada asociados, denotados por  $D = \{(X_{-m+1}, Y_{-m+1}), (X_{-m+2}, Y_{-m+2}), \dots, (X_{-1}, Y_{-1}), (X_0, Y_0)\}$ , donde  $Y_t$  es el precio del combustible en el intervalo de tiempo  $t$ , y  $X_t$  es un vector de entrada de variables para predecir  $Y_t$ .

### 6.1 Procedimiento del Stream Learning

De acuerdo con (Gao & Yalin, 2017) el método para desarrollar el modelo de *Stream Learning* es el siguiente:

1. Usar los datos del conjunto de entrenamiento inicial  $D$  para entrenar el modelo de aprendizaje, denotado por  $M_1$ , para utilizar posteriormente  $M_1$  en la predicción del precio del combustible en el intervalo de tiempo  $t$ .
2. Para el intervalo de tiempo  $t$ ,  $t = 2, \dots, N$ :

Después agregamos  $(X_{t-1}, Y_{t-1})$  al conjunto de entrenamiento  $D$  y se actualiza el modelo *machine learning*, denotado por  $M_t$ , y utilizamos  $M_t$  para predecir el precio del petróleo en el intervalo de tiempo  $t$ .

Este modelo de *stream learning* es un modelo de aprendizaje automático supervisado que utiliza un conjunto de datos de entrenamiento etiquetados para entrenar un modelo



inicial. Las principales características y ventajas de usar stream learning para la predicción del precio de combustibles incluyen:

- El modelo de aprendizaje automático se actualizará cada vez que se agreguen nuevos datos de los precios de combustibles, por lo que el modelo evoluciona y se actualiza continuamente por lo que puede capturar el patrón cambiante de los precios del petróleo.
- Para datos de series temporales no estacionarias como los precios de los combustibles, un mecanismo de olvido (por ejemplo, ventanas deslizantes, factores de desvanecimiento) se implementará al actualizar el modelo.
- La actualización del modelo requiere poco tiempo por cada nuevo ejemplo de datos, en lugar de volver a entrenar el modelo usando todo el conjunto de datos de entrenamiento.

Bajo el marco tradicional del *machine learning framework*, para construir un modelo de aprendizaje automático estadísticamente sólido, la serie temporal de datos necesita ser estacionaria o al menos débilmente estacionaria para el período de entrenamiento y evaluación. Sin embargo, la serie temporal de precios de los combustibles no son estacionarias. No obstante, bajo este enfoque de aprendizaje continuo, no es necesario que la serie temporal de precios de los combustibles sea estacionaria, porque el modelo de aprendizaje se actualizará continuamente con el tiempo para capturar el patrón cambiante de las series temporales del precio de los combustibles. En estadística, las técnicas de transformación de datos generalmente se aplican para que los datos sean más propensos a cumplir los supuestos del procedimiento de estadística inferencial. Para datos de series de tiempo, es común diferenciar los datos para mejorar la estacionalidad

(Priestley, 1988). Por lo tanto, se aplica la siguiente transformación de datos para la serie temporal del precio de combustibles, la cual mejora la precisión del modelo de predicción de precios de los combustibles.

$$Y't = Y_t - Y_{t-1}$$

## 7.0 Aplicación del Método para el Cálculo de Precios

Este modelo utiliza dos tipos de datos sobre los precios del combustible para evaluar la precisión del modelo tal como se utiliza en los modelos de aprendizaje automático. El primero es el precio pronosticado por el CME<sup>1</sup> bajo la metodología SPAN definida previamente en el capítulo 5, este precio se puede ver como un proxy para el precio internacional de diversos combustibles, como lo son los dos principales índices de referencia para fijar precios en otras corrientes de crudo, estos son el West Texas Intermediate (WTI) fuertemente vinculado a los mercados americanos y el Brent que es el índice de referencia en los mercados europeos. El segundo es el precio spot al cierre del día del combustible (USGC HSFO en este caso) en el intervalo t-1, este índice se utiliza como punto de referencia en la fijación de precios en América del Norte, y es comúnmente citado en la prensa. El primer conjunto de datos se puede obtener de la página oficial del Chicago Mercantile Exchange y Chicago Board of Trade y son de acceso público, el segundo conjunto de datos es la publicación diaria del índice USGC HSFO emitida por Platts<sup>2</sup> (debido a políticas de confidencialidad de precios y una suscripción necesaria para Platts los datos presentados en este trabajo fueron multiplicados por un factor de ajuste  $X$  para mantener la secrecía de los precios).

1 <https://www.cmegroup.com/trading/energy/refined-products/gulf-coast-no-6-fuel-oil-30pct-sulfur-platts-swap.html>

2 <https://www.spglobal.com/platts/es>

## 7.1 Métrica de Rendimiento

Se utilizan dos métricas de rendimiento en la predicción del precio vinculante del combustible, la primera métrica es el error cuadrático medio de la predicción (MSPE).

El MSPE de un modelo de predicción mide el promedio de los errores de predicción cuadráticos. El error de predicción es la diferencia entre el valor verdadero y el valor estimado. Siendo  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  precios reales del combustible y  $Y'_1, Y'_2, \dots, Y'_n$ , los precios pronosticados del combustible bajo el modelo de predicción de precios.

$$\text{MSPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \hat{y}_i - y_i \right)^2$$

Para fines de conocer la precisión del modelo, utilizamos una comparación entre los ratios del modelo "sin cambios" como el modelo de referencia y el MSPE de este modelo. Si la relación MSPE de un el modelo es menor que 1, entonces el modelo es más preciso que el modelo sin cambios en términos de su MSPE.

La segunda métrica es el ratio de precisión direccional (DAR), que mide la exactitud de predecir la dirección del precio del combustible. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{DAR} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_t$$

Donde  $d_t = 1$  si  $(Y'_t - Y_{t-1})(Y_t - Y_{t-1}) > 0$  y  $d_t = 0$  en caso contrario. Se toma en cuenta que, al realizar una suposición aleatoria de la dirección del precio del petróleo por lanzar

una moneda, el DAR sería 0.5. Por lo tanto, si el DAR de un modelo es mayor que 0.5, entonces el modelo es mejor que una suposición aleatoria. (Gao & Yalin, 2017)

## **8.0 Estimación del precio**

### **8.1 Análisis Fundamental**

- Primero se analiza el mercado global de combustibles, se realiza un seguimiento sobre el precio spot y contratos futuros de diversos energéticos. El WTI y BRENT son los petrolíferos de mayor injerencia en el sector, y su comportamiento es directamente proporcional sobre los demás combustibles.
- Se analiza la estimación de contratos futuros sobre el índice Gulf Coast High Sulphur Oil Fuel (USGC HSFO).
- Se buscan noticias sobre commodities, el sector energético, conflictos geopolíticos, entre otros factores que pueden afectar directamente el precio actual y futuro de los combustibles y el sector energético.

### **8.2 Análisis Técnico**

Se toma como base el precio spot del día anterior, el cual es el mejor estimador hasta el momento ya que incluye toda la información del mercado disponible hasta entonces (oferta, demanda, volumen, precios), a este precio se le suma o resta (dependiendo del análisis fundamental) la desviación promedio obtenida entre el conjunto de observaciones del precio real de mercado y el estimado por el CME bajo la metodología SPAM, para obtener el rango inferior. Después se le suma o resta (dependiendo del análisis fundamental) el promedio del error cuadrático medio de la predicción al cuadrado (MSPE), para obtener el límite superior, esta estimación nos permite obtener un intervalo

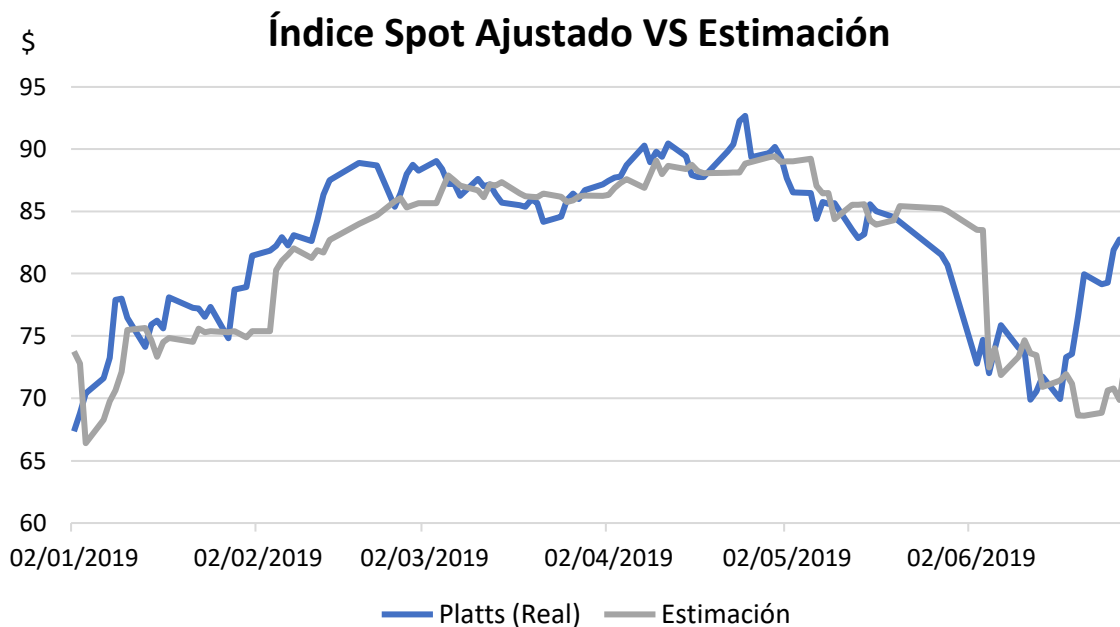
con una precisión del 68.6%, en el cual se situará el precio del combustible al cierre de mercado. Partiendo de la media entre el límite inferior y superior, el precio se determina de acuerdo con el balance de la semana y el análisis fundamental del commodity. Estos 2 análisis conforman la estimación del índice final, al que se debe agregar todos los costos adicionales en los que incurra la empresa, como los costos operativos y de mantenimiento, de transporte, el porcentaje de utilidad definido por la política de la empresa, así como posibles costos no reconocidos, para conformar un precio final de compra/venta del combustible.

## **9.0 Resultados**

El trabajo de investigación comprendió el análisis del último cuatrimestre de 2018, que sirvió como base para la estimación del índice durante el primer semestre de 2019, la integración del último cuatrimestre se debe a que este modelo es iterativo, es decir a medida que se va actualizando con nueva información, se vuelve más preciso ya que logra captar una muestra mayor de desviaciones. En el periodo de aplicación se puede observar que el índice registrado y estimado tienen una relación directamente proporcional, tal como lo muestran las líneas paralelas en el gráfico 1, en él se aprecia un ligero rezago, entre la emisión del índice estimado y el índice spot registrado, sin embargo, no existe un factor de ajuste que pueda disminuir este tiempo, debido a la normatividad del Mercado Eléctrico Mayorista para la compra/venta de energía. Al comparar la estimación y el índice registrado se observa una diferencia promedio de tan solo -1.4% o -\$0.88 pesos; el ratio de precisión direccional (DAR), registra que la exactitud del pronóstico del modelo es del 68.6%.

Si se excluye la última semana de junio donde se registró el periodo de mayor volatilidad durante el semestre, estos números mejoran significativamente registrando una diferencia de tan solo -0.7% o -\$0.45 pesos. Es en estos periodos de alta volatilidad donde el análisis fundamental se convierte en una herramienta imprescindible que complementa al análisis técnico para la estimación del índice final, ya que incorpora el análisis cualitativo como noticias y sucesos que permiten conocer el entorno económico del sector para obtener así un factor de *ajuste discrecional* que sirva para precisar la estimación técnica del índice final. En el mismo sentido, parte de este análisis fundamental se lleva a cabo en el balance semanal/mensual de la estimación, donde el precio prospectivo que se emite debe guardar un balance superavitario para no generar pérdidas, al comprar combustibles caros y venderlos barato.

**Gráfico 1: Índice Spot ajustado VS Estimación (Primer semestre 2019)**



Fuente: elaboración propia con datos de Platts

**Tabla 1: Precio Spot de Platts con factor ajuste VS Estimación del modelo (Enero/Febrero)**

Fecha	Platts (Real)	Estimación
02/01/2019	67.36	73.76
03/01/2019	68.81	72.79
04/01/2019	70.42	66.41
07/01/2019	71.61	68.29
08/01/2019	73.27	69.77
09/01/2019	77.90	70.64
10/01/2019	78.00	72.14
11/01/2019	76.47	75.49
14/01/2019	74.13	75.65
15/01/2019	75.92	74.68
16/01/2019	76.24	73.33
17/01/2019	75.63	74.51
18/01/2019	78.11	74.84
22/01/2019	77.26	74.54
23/01/2019	77.22	75.59
24/01/2019	76.54	75.30
25/01/2019	77.34	75.39
28/01/2019	74.84	75.30
29/01/2019	78.73	75.40
31/01/2019	78.93	74.91
01/02/2019	81.46	75.39
04/02/2019	81.85	75.40
05/02/2019	82.24	80.30
06/02/2019	82.93	81.05
07/02/2019	82.26	81.51
08/02/2019	83.10	82.05
11/02/2019	82.64	81.28
12/02/2019	84.30	81.89
13/02/2019	86.35	81.69
14/02/2019	87.50	82.69
19/02/2019	88.88	83.98
22/02/2019	88.68	84.67
25/02/2019	85.37	85.82
26/02/2019	86.45	86.07
27/02/2019	88.00	85.33
28/02/2019	88.75	85.50

Fuente: elaboración propia con datos de Platts

**Tabla 2: Precio Spot de Platts con factor ajuste VS Estimación del modelo (Marzo/Abril)**

Fecha	Platts (Real)	Estimación
01/03/2019	88.27	85.66
04/03/2019	89.06	85.65
05/03/2019	88.41	86.77
06/03/2019	87.19	87.89
07/03/2019	87.19	87.47
08/03/2019	86.25	87.08
11/03/2019	87.60	86.69
12/03/2019	87.03	86.15
13/03/2019	87.16	87.18
14/03/2019	86.38	87.06
15/03/2019	85.72	87.34
18/03/2019	85.50	86.45
19/03/2019	85.38	86.23
20/03/2019	85.96	86.18
21/03/2019	85.68	86.13
22/03/2019	84.16	86.44
25/03/2019	84.58	86.16
26/03/2019	85.91	85.76
27/03/2019	86.42	85.88
28/03/2019	86.00	86.19
29/03/2019	86.72	86.27
01/04/2019	87.18	86.26
02/04/2019	87.45	86.31
03/04/2019	87.71	86.88
04/04/2019	87.80	87.28
05/04/2019	88.71	87.59
08/04/2019	90.29	86.88
09/04/2019	88.95	87.93
10/04/2019	89.79	89.07
11/04/2019	89.37	87.99
12/04/2019	90.45	88.67
15/04/2019	89.44	88.40
16/04/2019	87.91	88.74
17/04/2019	87.77	88.22
18/04/2019	87.77	88.06
22/04/2019	89.83	88.11
23/04/2019	90.37	88.13
24/04/2019	92.26	88.12
25/04/2019	92.67	88.84
26/04/2019	89.35	88.97
29/04/2019	89.69	89.35

Fuente: elaboración propia con datos de Platts

**Tabla 3: Precio Spot de Platts con factor ajuste  
VS Estimación del modelo (Mayo/Junio)**

Fecha	Platts (Real)	Estimación
01/05/2019	89.34	88.98
02/05/2019	87.66	89.01
03/05/2019	86.53	89.02
06/05/2019	86.48	89.22
07/05/2019	84.41	87.05
08/05/2019	85.77	86.46
09/05/2019	85.61	86.47
10/05/2019	85.65	84.37
13/05/2019	83.53	85.54
14/05/2019	82.87	85.54
15/05/2019	83.18	85.58
16/05/2019	85.58	84.30
17/05/2019	85.02	83.93
20/05/2019	84.56	84.30
21/05/2019	84.22	85.43
28/05/2019	81.51	85.24
29/05/2019	80.70	85.05
03/06/2019	72.79	83.53
04/06/2019	74.69	83.51
05/06/2019	72.02	72.50
06/06/2019	73.98	74.03
07/06/2019	75.88	71.87
10/06/2019	74.07	73.34
11/06/2019	73.80	74.66
12/06/2019	69.89	73.62
13/06/2019	70.56	73.47
14/06/2019	71.75	70.91
17/06/2019	69.96	71.45
18/06/2019	73.32	71.95
19/06/2019	73.58	71.17
20/06/2019	76.54	72.44
21/06/2019	79.96	68.21
24/06/2019	79.18	68.07
25/06/2019	79.28	68.17
26/06/2019	81.92	69.82
27/06/2019	82.76	69.83
28/06/2019	82.16	68.65

Fuente: elaboración propia con datos de Platts



## 10. Conclusiones

No existe un modelo de estimación prospectiva de índices o precios vinculantes, que sea 100% confiable y fidedigno, si existiera, empresas y softwares como Bloomberg, Reuters, Standard & Poor's, Platts, Intercontinental Exchange Group (ICE), Argus, etc. no existirían, ni realizarían extenuantes análisis sobre bases de datos para buscar tendencias, indicadores e información que sirva de base para una óptima toma de decisiones a la hora de invertir. Instrumentos financieros y de inversión relacionados directa e indirectamente con los commodities, como los contratos de futuros, opciones, forwards, swaps, entre otros no se comercializarían en el mercado, porque éste ya sabría cuál es el precio prospectivo y no existe un costo de oportunidad o riesgo que mitigar.

Diversas instituciones del sector bursátil se verían afectadas drásticamente por no decir que su existencia estaría en riesgo, tal es el caso de las casas de bolsa, sociedades de inversión en renta variable, instrumentos de deuda, capitales, agencias proveedoras de precios, e incluso las bolsas de valores. Ya que bajo este escenario no se podría especular sobre los precios futuros de commodities, e instrumentos de inversión indexados a estos como bonos, certificados, títulos, entre otros como lo son incluso, las divisas. No existiría un libre mercado en condiciones homogéneas, ni una banda de fluctuación en la que el precio se encuentre oscilando, dependiendo de las determinantes del mercado que rigen a la oferta y la demanda. El precio se encontraría fijo y sujeto únicamente a las condiciones artificiales pronosticadas de oferta y demanda, y no a las determinantes reales, quebrantando así los principios de una economía de libre mercado en un sistema económico donde los intercambios comerciales se encuentran supeditados a intereses privados o políticos y la demanda de todos los insumos se

convierte en inelástica. Esta situación afectaría asiduamente la creación del capital ficticio, ya que gran parte de éste es generado a través del intercambio de bienes e instrumentos de inversión en los diversos mercados bursátiles, tal es el caso de los commodities e instrumentos anexados a estos, los cuales generan rentabilidad y plusvalía mediante la especulación del precio.

En este escenario el capital ficticio quedaría sumamente restringido y dejaría de inyectar liquidez a la economía; como sabemos este tipo de capital es excesivamente superior al real, ya que no necesita un respaldo de activos tangibles, además de que no constituye riqueza social debido a su falta de valor intrínseco. Sin embargo, es tanta su importancia e injerencia en el mercado actual que ninguna economía subsistiría únicamente con el capital real.

Este modelo de precios vinculantes prospectivos sobre combustibles confirma la primera hipótesis sobre su factibilidad, ya que genera una estimación con una precisión de casi el 70%, la cual es más precisa que diversos modelos matemáticos de probabilidad, estadística y econometría, al registrar un compartimiento paralelo con el índice USGC HSFO, que refleja con el menor rezago posible los cambios en el mismo sentido, sobre las condiciones de oferta y demanda que permean en el mercado. Dentro de las ventajas que destacan de este modelo, se encuentran su rapidez y facilidad de actualización cuando se compara con otros modelos econométricos, además de ser un modelo iterativo que se perfecciona conforme pasa el tiempo ya que se robustece la base de datos e incorpora una ponderación del análisis cualitativo del mercado de combustibles. Con él se confirma, asimismo, la segunda hipótesis de que el último precio de mercado del commodity es el mejor punto de partida para la estimación del precio futuro de éste, ya que contiene toda la información disponible del mercado para ese momento.

## 11.0 Bibliografía

- Carrasco, Miguel . (s.f.). <https://www.enel.mx/es/index>. Obtenido de <https://www.enel.mx/es/media-center/news/Liquidaciones-Mercado-en-Dia-de-Adelanto-y-Mercado>
- Cleveland, C., & Robert, K. (2000). Aggregation and the Role of Energy in the Economy. *Ecological Economics*, 301-317.
- CME Group . (s.f.). *CME Group* . Obtenido de <https://www.cmegroup.com/trading/energy/refined-products/gulf-coast-no-6-fuel-oil-30pct-sulfur-platts-swap.html>
- Gao, S., & Yalin, L. (2017). *Geoscience Frontier*, 183-187.
- Novales, A. (Noviembre de 2017). <https://www.ucm.es>. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41459/VAR.pdf>
- Poor's, S. &. (s.f.). *Standard & Poor's Global Platts*. Obtenido de <https://www.spglobal.com/platts/es>
- Priestley, M. B. (1988). Non linear and Non stationary Time Series Analysis. *Academic Press*.
- Rosenberg, N. (1998). The role of electricity in industrial development. *The Energy Journal*, 7-24.
- Stern, P., & Elliot, A. (1984). *ENERGY USE: The Human Dimension*. Nueva York: The National Academies Press .
- Tejeda, M. (2014). *Tipos de energía*. Scribd.
- Weggener, R. (2011). *Bomberos de Navarra*. Obtenido de Scribd.